



Sorption af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter i moræneler

Broholm, Mette Martina; Cong, Lu; Bjerg, Poul Løgstrup

Published in:
Jordforurening.info

Publication date:
2011

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Broholm, M. M., Cong, L., & Bjerg, P. L. (2011). Sorption af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter i moræneler. *Jordforurening.info*, (3), 2-5.
http://www.jordforurening.info/filer/avjinfo/85/Blad_3_2011____3_.pdf

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

INDHOLD

- 2 Sorption af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter i moræner
- 6 Grundvandsmonitering – og effekten af sne og frost
- 9 Nye erfaringer med olieforureninger
- 11 Kort Info
- 13 Artikelovervågning

Leo Ellgaard
3529 8183
le@regioner.dk

Kit Jespersen
3529 8185
kij@regioner.dk

Christian Andersen
3529 8175
can@regioner.dk

Peter Steffen Rank
3529 8158
psr@regioner.dk

Videncenter for Jordforurening

Dampfærgevej 22
Postboks 2593
2100 København Ø
jordforurening@regioner.dk
www.jordforurening.info
Fax 3529 8300

Jordforurening.info

11

Leder

Samarbejde

Der har lige været valg, og Danmark er i gang med at skifte regering. Både rød og blå blok havde inden valget varslet ændringer i regionernes opgavevaretagelse – i hver sin retning. Ingen ved, hvilke ændringer vi kan se frem til i de kommende år – men ét er sikkert, "samarbejde" vil også fremover være et nøgleord for miljøarbejdet i Danmark.

Jord- og grundvandssektoren i Danmark har altid været præget af åbenhed og samarbejde blandt både offentlige og private aktører. At virksomheder både kan samarbejde og konkurrere er årsag til det høje tekniske og etiske niveau i branchen. Særligt i international sammenhæng er det nødvendigt, at vi agerer samlet og ikke forsøger at pleje særinteresser.

Når internationale begivenheder en sjælden gang kommer til Danmark, som f.eks. Green Remediation i 2009, bør så mange som muligt støtte op om projektet og deltage – uanset hvem der har fået ideen. Ved flere sådanne lejligheder er det desværre ikke lykkedes at få den brede deltagelse, som kunne promovere dansk "know how" internationalt. Der er eksempler på, at virksomheder har undladt at støtte op om et projekt, som et andet firma har fået ideen til eller er primus motor i. Der er også eksempler på,

at information om et kommende arrangement ikke er nået længere ud end til en enkelt virksomhed. Resultatet er i begge situationer, at kun en enkelt eller meget få aktører bliver synlige på arrangementet. Herved mister man en lejlighed til at vise danske virksomheders samlet set store og meget brede ekspertise på området. Det er ærgerligt, både set i et samarbejds- og videndelingsøjemed – men også i forhold til Danmarks synlighed over for udlandet.

Danmark er et godt "brand" i Europa – i hvert fald inden for jordforurenings- og grundvandsområdet. Det kan vi vedligeholde og udbygge ved at holde os synlige og tale med én stemme på tværs af organisationer og virksomheder. Der er efter vores overbevisning basis for, at den danske grundvandsbranche styrker sin position internationalt, men det kræver både samarbejde mellem offentlige og private aktører og samarbejde og videndeling mellem de enkelte firmaer på det internationale marked.

Regionerne, såvel som VJ, arbejder for at skabe et miljø, der sikrer konkurrencepræget dialog og frit flow af information. Sammen med virksomhederne kan vi sikre Danmark en international førerposition inden for vores område.

SORPTION AF CHLOREREDE OPLØSNINGSMIDLER OG NEDBRYDNINGSPRODUKTER I MORÆNELER

- Sorptionen til moræner er større end til andre geologiske materialer med lav f_{oc}

Et nyt empirisk formeludtryk for beregning af sorption af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter til moræner ud fra K_{ow} (og evt. organisk kulstof) er bestemt på basis af bestemmelse af sorptionen til moræner fra 3 danske lokaliteter (Lu et al. 2011). Det anbefales at anvende denne nye formel i stedet for eksisterende korrelationsformler.

Af Mette M. Broholm, Cong Lu og Poul L. Bjerg, DTU Miljø

Baggrund

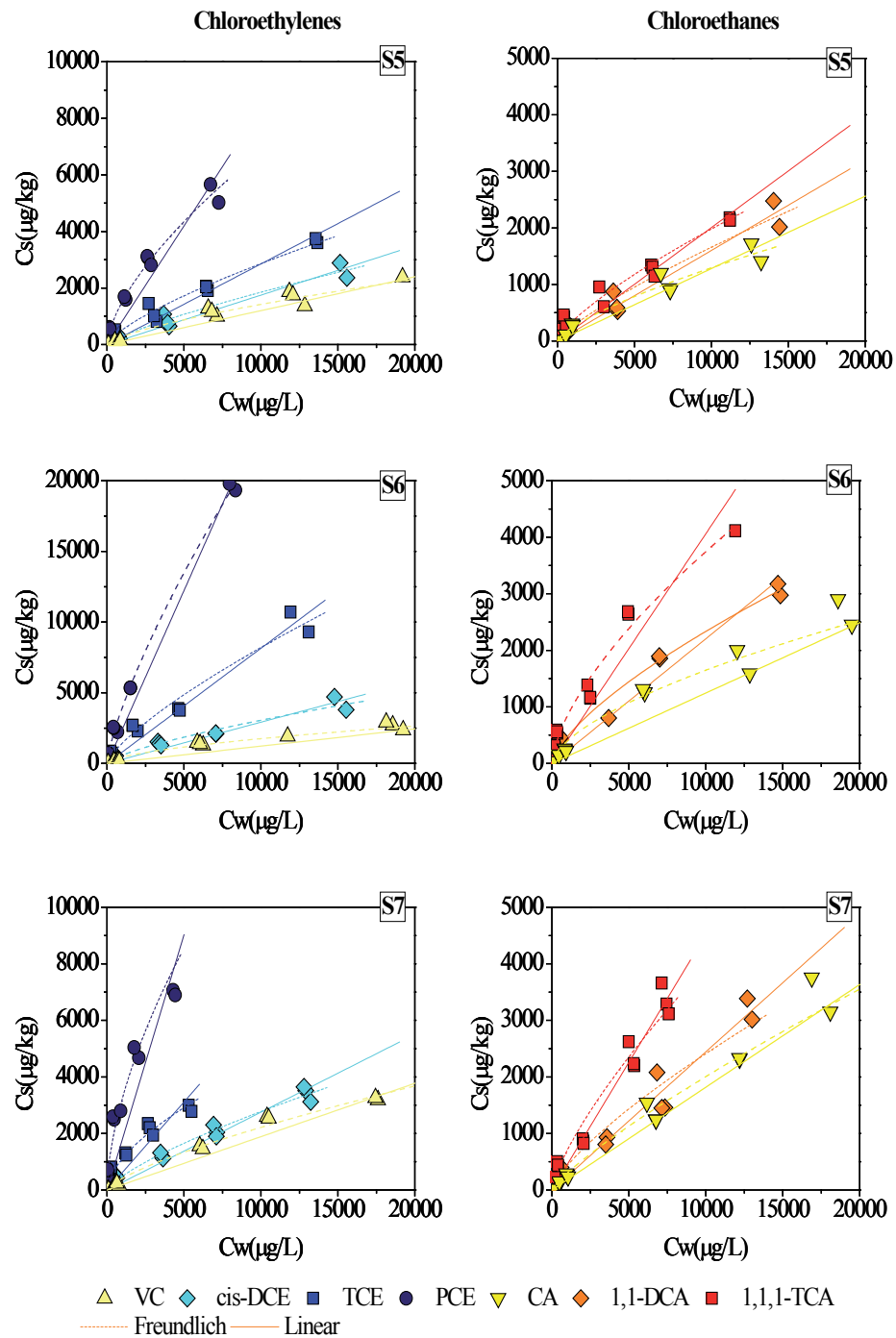
Data for sorption af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter til moræner har ikke tidligere foreligget, og sorptionen er oftest estimeret på basis af empiriske formler som funktion af sedimentets indhold af organisk kulstof (f_{oc}) og stoffernes hydrofobicitet udtrykt ved oktanol-vand fordelingskoefficienten (K_{ow}). Ved forsøg/undersøgelser på en række moræners lokaliteter i Region Hovedstaden og Region Syddanmark blev vi opmærksomme på, at anvendelsen af de eksisterende empiriske udtryk for sorption tilsyneladende førte til betydelig underestimering af sorptionen af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter til moræner. I enkelte publicerede studier af sorption af chlorerede opløsningsmidler til ler var tidligere rapporteret om væsentligt større sorption til ler end andre sedimenttyper, men den rapporterede sorption var meget varierende afhængig af ler-type/oprindelse. For chlorerede nedbrydningsprodukter forelå ingen data for sorption til ler, og deres K_{ow} er lavere end det interval de empiriske formler typisk er baseret på. På denne baggrund blev der iværksat laboratorieforsøg til bestemmelse af sorption af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter til moræner for 3 danske lokaliteter.

Bestemmelse af sorption

Sorptionen af de chlorerede ethener perchlorethylen (PCE), trichlorethylen (TCE), cis-dichlorethylen (cis-DCE) og vinylchlorid (VC) samt de chlorerede ethaner 1,1,1-trichlorethan (1,1,1-TCA), 1,1-dichlorethan (1,1-DCA) og chlorethan (CA) til moræner er undersøgt ved batchforsøg med oxideret (forvitret) og/eller reduceret (uforvitret) moræner (i alt 7 prøver fra 3 lokaliteter) og postevand tilsat stofferne. Da VC og CA er gasformige og har en meget beskedne sorption, var det en særlig udfordring at opsætte forsøg med disse stoffer. Der er anvendt moræner:vand forhold på 1:2 til 1:1 for PCE, TCE, cis-DCE, 1,1,1-TCA og 1,1-DCA og på omkring 2:1 til 2,5:1 (højest mulige) for gasserne VC og CA for at opnå tilstrækkelig koncentrationsændring i væskefasen som følge af sorption og samtidig opnå en tilstrækkelig fri væskemængde for udtagelse af prøve til analyse. Forsøg er udført med test-batch og kontroller i triplikat for 4-7 koncentrationsniveauer over et bredt interval (2-3 størrelsesordener, typisk 100 – 30.000 µg/L). Ligevægt blev opnået på 3 døgn i rotationsboks ved 10°C. For bestemmelse af sorptionsisothermer er batch roteret i minimum 3 døgn, hvorefter leren er centrifugeret ned og vandfasen udtaget til GC-MS analyse. Den sorberede koncentration er beregnet ud fra de opløste koncentrationer i batch-test og kontroller.

Sorptionskoefficienter for moræner og korrelationsformler

Sorptionsisothermerne var omtrent lineære om end bedst beskrevet med Freundlich isothermer som illustreret for 3 prøver fra Vadsbyvej i Figur 1 og K_d -værdier for de 3 lokaliteter (2 forhold for ene lokalitet) er givet i Tabel 1.



Figur 1: Sorptionsisothermer for sorption af chlorerede ethener og ethaner til 3 morænersprøver fra lokaliteten Vadsbyvej. S5 fra oxideret zone og S6 og S7 fra reduceret zone.

Tabel 1: Sorptionskoefficienter for sorption af chlorerede ethener og ethaner til moræneler fra danske lokaliteter.

K_d	PCE	TCE	cDCE	VC	TCA	DCA
Vasbyvej, O f_{oc} : 0,02%	0,84-1,03	0,29-0,91	0,17-0,50	0,12-0,24	0,20	0,16
Vasbyvej, R f_{oc} : 0,05 -0,07%	1,81-2,45	0,62-0,81	0,28-0,29	0,12-0,19	0,41-0,45	0,22-0,24
Rugårdsvej, R f_{oc} : 0,03 -0,04%	2,16-2,41	0,91-0,96	0,74-0,82	0,23-0,36		
Høje Taastrup Vej, O f_{oc} : 0,08%	1,55	0,82	0,62	0,31		

O: Oxideret
R: Reduceret

Følgende sammenhænge for sorption af chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter til moræneler blev bestemt ved lineær regression af dataene:

$$\log K_d = 0.590 \log K_{ow} - 1.561$$

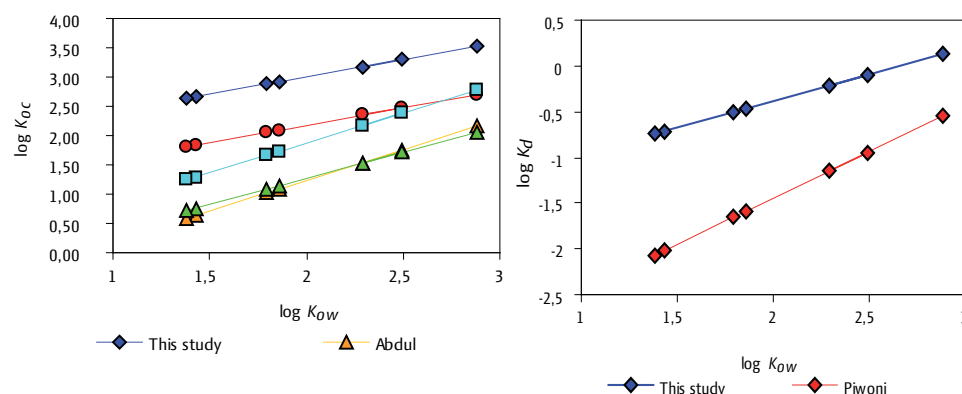
$$\log K_{oc} = 0.590 \log K_{ow} + 1.824, K_d = f_{oc} K_{oc}$$

Da f_{oc} for alle prøverne var meget lav og omtrent ens (0,02-0,08%), anbefales den direkte sammenhæng mellem K_d og K_{ow} (fed font) anvendt for moræneler.

K_{ow}

Sammenligning med andre bestemmelser af sorption af chlorerede opløsningsmidler

Vi har bestemt vores korrelationsformler specifikt for chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter, herunder cis-DCE og VC. Vore korrelationsformler er sammenlignet med eksisterende empiriske korrelationsformler for stofgrupper omfattende chlorerede opløsningsmidler i Figur 2. De oftest anvendte eksisterende empiriske formler er Abdul og for $f_{oc} < 0,1\%$ Piwoni.



Figur 2: Sorptionsformler fra dette studie sammenlignet med eksisterende empiriske formler.

Det ses tydeligt, at sorptionen af chlorerede ethener og ethaner til moræneler er højere end estimeret på basis af de eksisterende empiriske formler. Endvidere observeres en anden hældning – relativt højere sorption for stoffer med lav K_{ow} – i vort studie, svarende til at sorptionen specielt er højere for nedbrydningsprodukterne i vort studie sammenholdt med tidligere empiriske formler.

Betydning af højere sorption på forurenede morænelerslokaliteter

Ved spild af chlorerede opløsningsmidler på morænelerslokaliteter spredes de chlorerede opløsningsmidler som separat fase (eller vandopløst fase) via sprækker og sandslirer/lenser i moræneleren. Her sker en langsom opløsning af stofferne og diffusion ind i lermatricen. Diffusionen og den resulterende koncentration i lermatricen afhænger af sorptionen til sedimentet. Større sorption fører til langsommere ind- og tilbagediffusion og til højere total koncentrationer i matrix. Langsommere tilbage-diffusion og højere total koncentration medfører længere udvasknings- og oprensningstider ved f.eks. in-situ-afværge.

Afslutning

Sorption til moræneler er betydeligt højere end estimeret ved eksisterende empiriske formler. For moræneler med lavt organisk indhold er i dette studie bestemt en sammenhæng mellem K_d og K_{ow} , som anbefales anvendt fremover. Lokalitetsspecifikke sorptionsdata kan meget vel have betydelig rumlig variation, hvorfor det ikke altid vil være en fordel med enkeltstående lokalitetsspecifikke data. Ved evt. højere organisk indhold i moræneler bør det overvejes at foretage lokalitetsspecifikke bestemmelser, idet alle morænelerene anvendt i dette studie havde lav f_{oc} .

Referencer

- Lu, C.; Bjerg, P.L.; Zhang, F.; Broholm, M.M., 2011: Sorption of chlorinated solvents and degradation products. *Chemosphere*, 83, p. 1467-1474.
Scheutz, C., Broholm, M.M., Durant, N.D., Weeth, E.B., Jørgensen, T., Dennis, P., Jakobsen, C.S., Cox, E., Chambon, J., Bjerg, P.L., 2010. Field evaluation of biological enhanced reductive dechlorination of chloroethenes in clayey till. *Environ. Sci. Technol.*, 44(13), 5134-5141.

BATTELLE 2011 – FOKUS PÅ GRUNDVANDSMONITERING OG EFFEKTEN AF SNE OG FROST



June 27-30, 2011 • Reno, Nevada

Af Andreas H. Kristensen og Per Loll, Dansk Miljørådgivning A/S

LESS IS MORE

Også i år kunne Battelle-konferencen byde på forskningsresultater, nye teknologier og "case-stories" med relevans for den måde, hvorpå vi håndterer jord- og grundvandsforurening herhjemme. Fra den 27.-30. juni 2011 havde omkring 700 deltager taget turen til casino-byen Reno i Nevadas ørken, hvor de kunne se frem til at vælge imellem 550 foredrag og poster-præsentationer. Danmark var repræsenteret med syv indlæg fra Region Syddanmark, Region Hovedstaden, COWI og DMR.

Tidslige trends i grundvandsmonitoring

Konferencen bød bl.a. på et par gode indlæg om den måde, vi foretager grundvandsmonitoring på forurenede lokaliteter. Thomas McHugh fra GSI Environmental havde et indlæg under titlen "Less is more!" i forlængelse af hans præsentation fra sidste års konference (se indlægget "Nyt om grundvandsmonitoring" i *Jordforurening.info* Nr. 2, 2010). Han slog igen fast, at tilfældige variationer i målte koncentrationer vanskeliggør tolkning af koncentrationstrends. Han gik så langt som til at sige, at hyppig monitoring frem for alt hjælper med at karakterisere den tilfældige variation - men ikke den tidslige trend.

Baseret på en analyse af monitoringsdata fra 1.800 monitoringsfiltre på Hill Air Force Base, havde hans gruppe prøvet at se på forskellige monitoringsstrategier baseret på tidsserier bestående af 16 monitoringsrunder: (i) hele serien med 16 jævnt fordelte monitoringsrunder; (ii) 8 runder fordelt på hhv. de første 8 runder, hver anden runde eller de første 4 og de sidste 4 runder; (iii) 4 runder fordelt på hhv. de første 4 runder, hver fjerde runde eller de første 2 og de sidste 2 runder. Hovedkonklusionen var: "Less is more". Ved en mindre hyppig monitoring kom en større andel af den målte variation til at skyldes den tidslige trend. Den vigtigste tillægskonklusion var, at intet kan erstatte tid; en høj monitoringsfrekvens over kortere tid giver det dårligste bud på trenden. Endelig fik man bedst estimeret den tidslige tendens ved at måle i "klumper", således at man ved at måle flere gange til et givent monitorings tidspunkt får fastlagt "middelværdien" så godt som muligt, og derefter holder en pause for igen at måle flere gange.

Den mest effektive monitoringsstrategi viste sig således at være 4 analyser i starten og 4 analyser i slutningen, mens strategien med 2 i starten og 2 i slutningen var ca. ligeså effektiv som den med 8 jævnt fordelte monitoringsrunder - men med kun halvt så mange monitoringsrunder/data. Den mest almindelige strategi med jævnt fordelte monitoringsrunder er således ikke særligt effektiv til at karakterisere trenden i monitoringsdata. Ved at monitorere i "klumper" (et såkaldt "staggered monitoring scheme") kan

BATTELLE 2011

der dermed være en oplagt mulighed for at reducere udgifterne til vores monitoringsundersøgelser og forbedre muligheden for at opdage og karakterisere tidslige trends i monitoringsdata.

I tråd med ovenstående studie viste Sandy Britt fra ProHydro, at passive samplere ligeledes kan hjælpe os med at slippe af med tilfældige variationer i vores monitoringsdata - nemlig ved at fastlægge middelværdien over en længere periode og ved at minimere tilfældige variationer forårsaget af prøvetagningen. I USA anvendes systemer som Polyethylene Diffusion Sampler, Regenerated Cellulose Diffusion Sampler, Rigid Porous Pipe Sampler, Hydrasleeve, Snap Sampler og Gore Module, mens vi herhjemme har Sorbisen.

GRUNDVANDS-MONITERING

Det er bedre at udtage 4 grundvandsprøver over 4 år end 8 grundvandsprøver over 2 år. Den mest "cost-effektive" karakterisering af tidslige trends opnås ved at måle efter et "staggered monitoring scheme" med forholdsvis lang tid mellem monitoringsrunderne.

Hvad betyder sne og frost for nedbrydning og afdampning til indeklima?

Vanen tro var der stort fokus på afdampning af flygtige stoffer til huse beliggende over olieforurenede grundvand. Ian Hers fra Golder Associates præsenterede et feltstudie på en naboejendom til et detailsalgssted, hvorfra der nu er en benzinforurening af grundvandet beliggende 2,5-3,5 meter under terræn. Ejendommen ligger i det centrale, hvor det øverste jordlag er dækket af sne ca. tre måneder om året og frossen til cirka 0,5 meters dybde. Geologien er beskrevet som moræneaflejringer af sand, silt og ler, så på mange måder ligner scenariet noget, vi kunne se herhjemme. Det omfattende datasæt indbefattede bl.a. vandindhold, ilt-/kuldioxidkoncentrationer i poreluft, VOC samt trykdifferens fra jord til indeklima.

Hypotesen for studiet var, at sne og frost repræsenterer en worst-case situation i forhold til afdampning af flygtige oliestoffer til indeklimaet. Imod hvad man måske kunne forvente, og hvad forfatterne selv forventede, viste resultaterne kun en meget begrænset effekt af sne, frost og lave temperaturer på jordens iltindhold - selv efter en kraftig kunstvanding midt på vinteren for at fremprovokere en "worst worst-case" situation. Derudover var der heller ikke en synlig effekt på naturlig nedbrydning og afdampning af VOC'er til indeklima. I jorden lige over grundvandsspejlet med fri fase var det godt nok anaerobe forhold - men bare 50 cm længere oppe kunne der observeres aerobe forhold og en betydelig biologisk omsætning af bl.a. benzen med en førsteordens nedbrydningsrate relateret til porevandet på mellem 0,014 og 0,22 time⁻¹. En sidepointe i studiet var, at en krybekælder med eller uden betongulv kan være en fordel, idet der er mulighed for, at ilt kan diffundere ned til den umættede zone og medvirke til en mere effektiv naturlig nedbrydning, inden dampene når indeklimaet.

DMR præsenterede resultater fra en pilottest med en ny in-situ metode, der er afprøvet i umættet jord under en terrænoverflade dækket af sne og frost. Metoden har til formål at dokumentere naturlig nedbrydning af oliestoffer i jordens umættede zone og bestemme konservative nedbrydningsrater til brug i risikovurderinger. Resultaterne fra pilottesten viste en førsteordens nedbrydningsrate for en blanding af flygtige kulbrinter (kogepunkt svarende til let benzin) i størrelsesordenen 0,013-0,092 time⁻¹, altså i samme størrelsesorden som de rater Ian Hers præsenterede for benzen. På baggrund af de to studier er der altså ikke noget der tyder på, at naturlig nedbrydning og afdampning af oliestoffer til huse nødvendigvis vil være hæmmet af sne og frost.

BATTELLE 2011

EFFEKT AF FROST OG SNE

Undersøgelser tyder på, at frost og sne ikke har væsentlig betydning for naturlig nedbrydning eller afdampning til indeklima.

Hvor langt transporteres oliedampe fra forurenede grundvand?

I det førnævnte studie af Ian Hers var en af konklusionerne desuden, at omkring én meter ikke-forurenet aerob jord over et vandspejl med residual fri fase af benzin medfører en kraftig reduktion af poreluftens VOC-indhold (omkring en faktor 10.000) – når blot der er ilt i jordmatricen. Lignende konklusioner blev fremført af Robert E. Sweeney fra EPG Etna, George E. DeVaul fra Shell og Tom E. Peargin fra Chevron, der alle anvendte afstanden fra kilde til bygning ved en form for indledende screening for potentielle indeklimaproblemer. Dette er i øvrigt i tråd med en af hovedkonklusionerne fra Miljøprojekt 1310, 2009, "Erfaringsopsamling på udviklingen i poreluftkoncentrationer på villatanksager", hvor en lignende sammenhæng er fundet mht. afstanden fra en jordforurening.

AFDAMPNING AF OLIE-PRODUKTER

Flere undersøgelser viser, at bare en meter aerob jord over jordforurening og selv kraftige grundvandsforureninger medfører en væsentlig reduktion i poreluftkoncentrationerne.

Nye erfaringer med olieforureninger præsenteret på Battelle-konferencen 2011 - bør vi revidere den måde vi bruger vores penge på?

Af Andreas H. Kristensen, Per Loll og Claus Larsen, Dansk Miljørådgivning A/S

På årets Battelle-konference i Reno, USA præsenterede DMR udviklingsresultater og -erfaringer relateret til olieforurenede lokaliteter. Sammenlignet med tidligere har vi generelt i dag nogle værktøjer og en viden, der på visse sager kan øge sikkerheden af risikovurderingen betydeligt i forhold til tidligere. På den baggrund er det nærliggende at spørge sig selv, om vi måske kan ændre den måde vi prioriterer hhv. risikovurdering og oprensning af olieforureninger?

Nu kan man estimere potentielle nedbrydningsrater i den umættede zone

På Battelle præsenterede DMR resultaterne fra et pilotforsøg gennemført under Miljøstyrelsens Teknologiuudviklingsprogram med en nyudviklet in-situ-test til dokumentation af nedbrydning af oliestoffer i den umættede zone. Testen er bl.a. tiltænkt en anvendelse sammen med den kommende reviderede udgave af JAGG-modellen til beregning af risikoen for nedsivning af forurening til grundvandet. Den nye test har til formål: (i) at dokumentere nedbrydningsaktivitet under in-situ forhold (kvalitativ dokumentation), og (ii) at estimere en konservativ - dvs. undervurderet - nedbrydningsrate (kvantitativ dokumentation). Metoden og pilottesten blev også præsenteret på årets Vingstedmøde og er yderligere beskrevet i et miljøprojekt, der forventes udgivet senere i år. I forhold til Vingsted-præsentationen er Battelle-præsentationen opdateret med hensyn til estimering af 1. ordens nedbrydningsrater, der direkte kan indsættes i den kommende JAGG 2.0.

Trends fra danske villatanksager

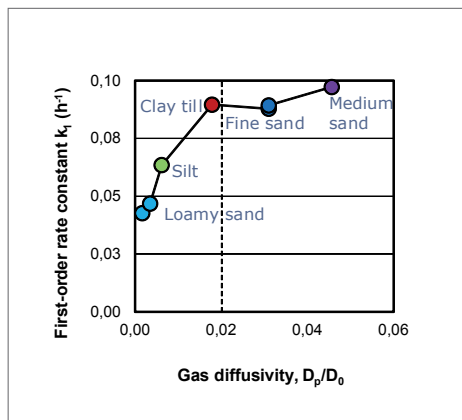
Derudover formidlede DMR ved to poster-præsentationer hovedkonklusioner fra Miljøprojekt nr. 1309 og 1310 fra 2009. De to projekter beskriver konklusioner fra en omfattende erfaringsopsamling vedr. udviklingen af grundvandsfaner og poreluftkoncentrationer over tid på fyringsolieforurenede lokaliteter. Hovedresultaterne er tidligere præsenteret i Jordforurening.info Nr. 4, 2009.

Kort fortalt viser erfaringsopsamlingen for grundvandsforureninger (foretaget sammen med NIRAS), at fanelængden yderst sjældent overstiger 50 meter (median 13 meter), og at fanelængden typisk begynder at aftage efter 2-3 år. Det blev desuden konkluderet, at større spild, højere jordkoncentrationer og mængden af fri olie-fase spiller en vigtig rolle for fanelængden. Erfaringerne med poreluftmålinger viser, at indeklimaproblemer typisk opstår som følge af høje koncentrationer af TVOC (ikke BTEX eller C9/C10-aromater). Derudover aftager poreluftkoncentrationerne hurtigt efter spildtidspunktet med halveringstider på mellem 2 og 7 måneder. Desuden er det konkluderet, at efter blot 6 måneder er der ikke målt poreluftkoncentrationer højere end 100 gange afdampningskriterierne, når forureningen udgør mindre end 500 kg restprodukt, og der er mere end 1 meter ren jord imellem forurening og gulv.

Hvordan hænger jordens transportegenskaber sammen med naturlige nedbrydningsrater?

Endelig blev der præsenteret resultater fra et erhvervs-ph.d.-projekt om betydningen af jordens fysiske egenskaber for naturlige nedbrydningsrater af BTEX i den umættede zone. En af konklusionerne fra projektet var, at en lagdelt umættet zone vil have et meget uens fordelt potentiale for naturlig nedbrydning. Eksempelvis vil lavpermeable og vandmættede lagdelinger medføre zoner i jorden med begrænset tilstrømning af ilt og dermed en hæmning af den biologiske aktivitet. Omvendt vil sandede aflejringer med høj gasdiffusivitet typisk tillade en uhindret naturlig nedbrydning af olieforurening.

Figur 1: Sammenhæng mellem førsteordens nedbrydningsrater for benzen (k_1) og jordens transportegenskaber i umættet jord (målt som gasdiffusiviten D_p/D_0 , svarende til JAGG-modellens "materialekonstant" for jorden).



Helt konkret blev det konkluderet, at lave værdier af jordens gasdiffusivitet ($D_p/D_0 < 0,02$) betyder, at diffusionen af primært ilt begrænser den aerobe biologiske nedbrydning. I forhold til jordtyper anvendt i JAGG-modellen svarer det til, at der foregår nedbrydning i JAGG-sand med D_p/D_0 på 0,09, mens nedbrydningen vil være iltbegrænset i JAGG-ler, -lermuld og -sandmuld med værdier af D_p/D_0 på 0,002-0,003.

Vi er blevet dygtigere til at undersøge og risikovurdere olieforurenede jord

Ovenstående studier er eksempler på, at danske rådgivere i dag ved rigtig meget om, hvordan olieforurening opfører sig i vores jordmiljø. Avancerede undersøgelsesmetoder, omfattende erfaringsdata samt en grundig procesviden betyder således, at vi nu har mulighed for at foretage mere præcise risikovurderinger på olieforurenede lokaliteter sammenlignet med, hvad vi kunne for bare 5-10 år siden.

Af nye teknologier kan desuden nævnes: Analyse af stabile isotoper til vurdering af naturlig nedbrydning, prøvetagning af opløst forurening i porevand og sporgasforsøg til kvantificering af poreluftbidrag og udpegning af indtrængningsveje til indeklima.

Supplerende undersøgelser frem for oprensning?

Kendetegnende ved de nye undersøgelsesmetoder er, at de bidrager væsentligt til den konceptuelle forståelse af den pågældende lokalitet og dermed forbedrer muligheden for at foretage en retvisende risikovurdering. Derudover kan de nye informationer tydeliggøre, hvilke forureninger der kræver en afværge inden for en nær fremtid – og hvilke forureninger der evt. kan rykke ned på listen eller helt udgå af kommunernes eller regionernes prioriteringsrækkefølge.

Et tænkt eksempel kunne være en situation med en mindre restforurening af fyringsolie under en beboelse. Jordforureningen ligger mindst 2 meter under beboelsens kælder, og den forventes ikke umiddelbart at udgøre en risiko for ejendommens arealanvendelse eller indeklima, hvilket vil kunne undersøges forholdsvis let via poreluftundersøgelser. Det er dog usikkert, hvorvidt forureningen på sigt vil nedsive til det primære grundvandsmagasin i 20 meters dybde.

En totaloprensning vil kræve, at huset rives ned, og prisen vil løbe op i mere end 1 mio. kr. Her kan man alternativt vælge at bruge eksempelvis 100.000 kr. på supplerende undersøgelser af risikoen. Hvis man efterfølgende – på betryggende vis – kan afvise en risiko for grundvandet, kan man således spare et betydeligt beløb på at afværge en forurening, der ikke udgør en reel risiko for grundvandet. Men i andre tilfælde vil de supplerende undersøgelser selvfølgelig vise sig at medføre en unødigt merudgift, der blot udsætter en nødvendig oprensning. Der er derfor tale om et prioriteringsspørgsmål, som man bør overveje nøje fra sag til sag.

Remediation Catalogue

Af Christian Andersen, VJ

UNIK MÆNGDE SPECIALVIDEN

Afværgekataloget er nu oversat til engelsk. Dermed gøres en unik mængde specialviden tilgængelig uden for landets grænser. Det bør danske firmaer benytte sig af til at skaffe projekter og til at styrke deres udenlandske kontores specialviden på området. Særligt de firmaer, der har været med i udviklingen af kataloget, burde have en fordel.

Samlingen af afværgekataloget er muligvis det mest omfattende projekt, som Videncentret har påtaget sig. Udarbejdelsen har været en løbende proces gennem mange år. I 2008 blev kataloget netbaseret, og i 2010 blev det udvidet med projekteringsparametre og arbejdsbeskrivelser. Fra 2006 til 2009 bidrog ikke mindre en 9 rådgivende firmaer Rambøll, Orbicon, NIRAS, COWI, Grontmij, DMR, Krüger, GEO og DGE til indholdet i afværgekataloget. Det drejede sig primært om ekspertviden inden for en eller flere af de 22 afværgemetoder eller 30 projekteringsparameter, der er kernen i afværgekataloget. Oliebranchens Miljøpulje og de fem regioner udgjorde projektets styregruppe, da disse udgør en stor del af kundeunderlaget for afværgeprojekter i Danmark. I løbet af det seneste år er det samlede materiale blevet oversat til engelsk af Orbicon, og Rambøll's kontor i Storbritannien har foretaget en sproglig kvalitetskontrol.

Hvis afværgekataloget kan hjælpe danske firmaer til at vinde projekter, også i udlandet, så har vi vist, at samarbejde og videndeling ikke blot er dyder i deres egen ret, men at de også kan betale sig. Merværdien, som afværgekataloget skal give sin bruger, består bl.a. i, at man over for sin kunde kan demonstrere og dokumentere den systematik og viden, som man ligger inde med, fordi afværgekataloget i sin web-form er meget visuel, hvilket gør det nemt at italesætte sin projekttilgang. Trods tiltag i både ISO- og ETV- (Environmental Technology Verification) regi, så er afværgeprojekter stadig noget af en sort boks for mange, hvor tillid og tro på rådgiveren er vigtige konkurrenceparametre.

Netbaseret viden er forskellig fra den trykte viden, fordi man forventer, at den bliver opdateret, hvilket den i sigens natur også nemmere kan blive.



Med et engelsk afværgekatalog kan man håbe, at der kommer en større gruppe brugere og måske også andre brugere, f.eks. fra forsknings- og undervisningsverdenen. Dermed er muligheden også åbnet for, at der kommer flere ønsker til opdatering og ideer til udvidelse. Dette medfører spørgsmål som: Hvordan skal afværgekataloget vedligeholdes? Bliver det brugt? Kan vi dokumentere, at det har nogen nyttevirkning? Skal det udvides? Med hvad? Af hvem? Og på hvilket sprog?

Indtil videre har afværgekataloget været et klassisk styret projekt - på trods af sin moderne form. Der er mange medforfattere, men alt er korrekturlæst af op til fire-fem uafhængige parter. Dermed har alt i afværgekataloget lidt af det samme kvalitetsstempel, som der følger ved verifikation eller certificering. En anden drift- og udviklingsmodel kunne være Wiki-metoden, hvor alle kan bidrage og diskutere, og hvor en gruppe af superbrugere træffer de endelige redigeringsbe-slutninger. Fremtiden må vise hvad der skal ske. Bidrag og synspunkter er meget velkomne.



**AFVÆRGEKATALOGET
– PÅ BÅDE ENGELSK OG DANSK –
LIGGER PÅ VJ'S HJEMMESIDE**

Af freelance konsulent Jan Petersen

Ved hurtigt at skimme denne liste igennem får du et overblik over, hvilke artikler der for nyligt har været bragt i danske tidsskrifter inden for vores fagområde. Hermed er der skabt en hurtig indgang til ny inspiration m.m. For overskuelighedens skyld er artiklerne ordnet i emner.

1. Jura, økonomi og politik

Bekendtgørelse af lov om registrering af ledningsejere (LBK nr. 578 af 6. juni 2011) (LER-loven)

Loven, der har til formål gennem etablering af et lednings-ejerregister at reducere antallet af skader på ledninger nedgravet i jord eller nedgravet i eller anbragt på havbunden, er trådt i kraft den 1. maj 2011.

Læs mere på www.retsinformation.dk.

Bekendtgørelse om kvalitetsmål til miljømålinger (BEK nr. 900 af 17. august 2011)

Bekendtgørelsen fastsætter bl.a. krav til kemiske og mikrobiologiske målinger samt prøveudtagninger, der udføres som grundlag for myndighedernes forvaltningsafgørelser i medfør af lov om forurenet jord, og det er en implementering af EU-regler. Dermed er der nu fastsat analysekvalitetskrav til mange flere kemiske miljømålinger end hidtil. Bekendtgørelsen trådte i kraft den 20. august 2011.

Læs mere på www.retsinformation.dk.

Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om fastsættelse af miljømål for vandløb, søer, kystvande, overgangsvande og grundvand (BEK nr. 902 af 17. august 2011)

Bekendtgørelsen, der indeholder en implementering af EU-regler, trådte i kraft den 20. august 2011.

Læs mere på www.retsinformation.dk.

Miljø- og Planlægningsudvalget, Alm. del 2010-11, spørgsmål nr. 815 og 816

Miljøministeren er blevet bedt om en opgørelse over antal oprydninger af forurenede grunde siden 2004 samt om at oplyse, hvor mange procent antallet af oprydninger er faldet i forhold til 2004.

MPU, Alm. del spørgsmål 815, stillet af Mette Gjerskov (S) den 29. juni 2011. Se Folketingets hjemmeside www.ft.dk. Opgørelsen fremgår af ministerens svar af 26. juli 2011, se <http://www.ft.dk/samling/20101/alm-del/mpu/spm/815/svar/819943/1021487.pdf>.

Miljøministeren er desuden blevet bedt om en opgørelse over antallet af forurenede grunde, der er registreret siden 2002 fordelt på hvert år samt om at oplyse, hvor stor en andel i procent af disse, der for hvert år er registreret i områder med særlige drikkevandsinteresser.

MPU, Alm. del spørgsmål 816, stillet af Mette Gjerskov (S) den 29. juni 2011. Se Folketingets hjemmeside www.ft.dk. Opgørelsen fremgår af ministerens svar af 26. juli 2011, se <http://www.ft.dk/samling/20101/alm-del/mpu/spm/816/svar/819944/1021489.pdf>.

NMKN frifundet af Østre Landsret

Østre Landsret afsagde den 10. juni 2011 dom i en sag anlagt af Topdanmark Forsikring A/S mod Natur- og Miljøklagenævnet (oprindeligt Miljøklagenævnet). Sagen har principiel betydning for den administrative praksis, som nævnet har anlagt efter afgørelser truffet i en række lignende sager. Sagen angik gyldigheden af to afgørelser truffet af nævnet efter jordforureningslovens § 48 om påbud om oprensning af en restforurening med fyringsolie fra en villaolietank. Sagen handlede også om, der var en høj grad af sikkerhed for, at restforureningen hverken aktuelt eller i fremtiden ville indebære en miljø- eller sundhedsmæssig risiko.

Landsretten fandt ikke grundlag for at anfægte nævnets vurderinger af, at der ikke forelå en høj grad af sikkerhed for, at den efterladte forurening hverken aktuelt eller i fremtiden indebar en miljø- eller sundhedsmæssig risiko. Retten fandt heller ikke, at de oprensningstiltag, som fulgte af nævnets afgørelser, var mere vidtgående end nødvendigt, eller at de kunne opfyldes ved andre og billigere måder. Landsretten frifandt derfor nævnet.

Se http://www.nmkn.dk/Nyheder/SenesteNyheder/jordforurening_170611.htm.

Afgørelser fra Natur- og Miljøklagenævnet

De seneste afgørelser fra Natur- og Miljøklagenævnet (NMKN) er pt. ikke tilgængelige på nmkn.dk. NMKN arbejder på at få disse lagt på hjemmesiden igen. Relevante afgørelser vil blive bragt på et senere tidspunkt i *Jordforurening*. info.

2. Stoftransport og omsætning

Cyanid. Omsætning, transport og toksicitet i forbindelse med nyttiggørelse af jord på Aarhus Østhavn

Nærværende rapport beskriver cyanids omsætning, transport og toksicitet. Projektet er gennemført i forbindelse med modtagelse af overskudsjord på jordtippen på Aarhus Østhavn. De udførte cyanidanalyser, der er foretaget som en del



af stikprøvekontrollen på jordtippen, er benyttet til vurdering af årsagssammenhænge i forhold til påviste overskridelser af grænsen for cyanidindhold fastsat i miljøgodkendelsen. Vej-/rabatjord vurderes at være den mest sandsynlige kilde til de forholdsvis jævnt fordelte overskridelser af cyanidindhold i den tilførte jord.

Af A. Gulamhusein, B. Utoft og M.H. Thomsen (Aarhus Kommune, Natur og Miljø), maj 2011 (978-87-994556-0-7). Hele rapporten kan læses på <http://www.aarhus.dk>.

3. Afværgeteknik og monitorering

Erfaringsopsamling med injektion af oxidanter i moræner, Baldersbækvej 5, 2635 Ishøj

Rapporten samler de opnåede resultater og erfaringer med injektion af oxidationsmidler i moræner med henblik på oprensning af organiske opløsningsmidler. Laboratorieforsøgene viser, at persulfat og permanganat kan nedbryde forurening med chlorerede opløsningsmidler i moræner. Feltforsøgene viser dog, at det er vanskeligt at fordele oxidationsmidlerne ensartet i lermatricen og dermed at skabe kontakt mellem forureningen og oxidationsmidlerne.

Af K. Tsitonaki og Pernille Palstrøm (Orbicon), 2011 (ISBN 978-87-7279-210-1). Læs mere på www.naturstyrelsen.dk.

4. Risikovurdering

Variationer i poreluftens forureningsindhold. Spor 2. Anvendelse og formidling af eksisterende viden

Resultater og konklusioner i denne rapport er baseret på en gennemgang af koncentrationsvariationen i poreluft og muligt styrende parametre for variationen på 5 lokaliteter. Herudfra er størrelsesordenen for den tidlige og rumlige variation af poreluftindholdet fastlagt. Resultatet forbedrer mulighederne for at vurdere det gennemsnitlige poreluftindhold og kan herigennem bidrage til at kvalificere risikovurderinger. Vandspejlsfluktuationer betinger de største tidlige ændringer i poreluftindholdet. På de 5 lokaliteter er der ikke observeret en sammenhæng mellem nedbør, barometriske trykændringer og forureningskoncentrationen i poreluft.

Af A. Andersen, S. Nielsen (Orbicon) og M. Broholm (Orbicon/DTU). Miljøprojekt 1368, 2011 (ISBN 978-87-92779-06-9). Læs mere på www.mst.dk.

5. Værktøjer og metoder

Bæredygtig håndtering af jordforurening

I forbindelse med et større byudviklingsprojekt i Fredericia har kommunen valgt, at jordforureningen skal håndteres miljømæssigt bæredygtigt. Omkring en tredjedel af området på ca. 200.000 m² er kraftigt forurenet, fordi der siden begyndelsen af 1900-tallet har været kemisk produktion af bl.a.

svovlsyre, fosforsyre og gødning. Planlægning og brugen af arealerne spiller en central rolle. Området skal bebygges i etaper og med forskellig anvendelse (bolig, erhverv mv.), og området skal efter planen først være fuldt bebygget om 20-25 år. Det betyder, at der er tid til, at forskellige metoder kan komme i spil til fjernelse af jordforureningen.

Artiklen beskriver Fredericia Kommunes planer for en bæredygtig håndtering af jordforurening.

Af E. Jespersen (Fredericia Kommune) og M.L. Andersen (Real-dania By), Teknik & Miljø nr. 6/7, juni/juli 2011.

6. Drikkevand og grundvandsbeskyttelse

Redegørelse om Glyphosat- og AMPA-fund i GRUMO

Redegørelsen gennemgår de fund af glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA, der har været i grundvandsmonitoreringen siden monitoreringen startede i 1997 og frem til og med 2010, med henblik på at finde sandsynlige årsager til de fund, der har været. Redegørelsen gennemgår overordnet alle fund og går derefter i dybden med 33 udvalgte boringer, hvor der enten har været gentagne fund og/eller fund over grænseværdien. Af disse er 10 boringer besigtiget i felten for at undersøge mulige årsager til fundene af glyphosat og AMPA. I redegørelsen angives mulige årsager til fundene og disse diskuteres.

Af J.A. Falkenberg, H.U. Bay, L. Ramsey, J.H. Jørgensen (NIRAS), P.R. Jørgensen (PJ-Bluetech ApS), N.H. Spliid (AU, Forskningscenter Flakkebjerg) og C. Petersen (KU Life). Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2, 2011 (ISBN 978-87-92779-17-5). Læs mere på www.mst.dk.

Fakta om pesticider i grundvand og beskyttelse af drikkevand og Fakta om glyphosat og grundvand

Der har på det seneste været en del debat omkring pesticidfund i grundvandet. Miljøstyrelsen har derfor udgivet disse to dokumenter, som giver styrelsens svar på en række spørgsmål om henholdsvis fund af pesticider i grundvand og beskyttelse af grundvand og drikkevand, og om fund af glyphosat i grundvandsovervågningen og den redegørelse, som blev udarbejdet i juni 2011.

Miljøstyrelsen. Læs mere på www.mst.dk/nyheder.

Prototypeudvikling af At-line-system til måling af bakterier i drikkevandssystemer

I projektet er der udviklet en prototype af måleudstyret BactiLine, som automatisk kan måle på den mikrobiologiske vandkvalitet uafhængigt af vandets fysiske og kemiske egenskaber. Analyseresultatet er tilgængeligt få minutter efter målingens start. Metoden baserer sig på Bactiquant®-teknologien, som måler forekomsten af bakterier ved hjælp af fluorescensteknologi. Metoden giver mulighed for at



inkludere både partikelbundne og frie bakterier i analyseresultatet. Fremadrettet forventes metoden at kunne anvendes til løbende overvågning og dermed styring af den mikrobiologiske vandkvalitet, f.eks. i forbindelse med vandforsyningernes øvrige SRO-system samt til alarmering (f.eks. via SMS til den driftsansvarlige) ved større afvigelser i den mikrobiologiske vandkvalitet eller ved forureninger.

Af M. Miller, J. Nielsen (Mycometer A/S), L. Rasmussen (Aqua Innova A/S), M.L. Kristensen (Scanelectro ApS) og R. Hansen (Grontmij | Carl Bro), 2011 (ISBN 978-87-7279-217-0). Læs mere på www.naturstyrelsen.dk.

Vejledning om og liste over pesticider og nedbrydningsprodukter, der skal analyseres for ved boringskontrol og kontrol med drikkevand

Naturstyrelsens analyseprogram for pesticider i boringskontrollen er blevet revideret og udvidet med flere nye stoffer. Læs mere på http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Drikkevand/Boringer_pesticidliste.htm (23. juni 2011).

7. Kortmateriale

LER udvider dækningsområdet til alle arealer

De fleste forsyningsledninger er nedgravet i vejarealer. I arealer uden for vejene ligger der forventelig under 25% af det samlede ledningsnet, men karakteristisk for disse ledninger er, at de enten er større forsynings- og distributionsledninger eller er stikledninger, der kun forsyner enkeltejendomme. Med den seneste lov om registrering af ledningsejere blev loven udvidet fra kun at omfatte veje til at omfatte alle arealer, uanset anvendelse. Artiklen omhandler, udover baggrund for lovændringen, også undtagelser fra forespørgselspligten (dybde < 40 cm og gravning på egne arealer), stikledninger, forsyningsselskabernes pligt til at udlevere ledningsoplysninger, kvaliteten af de udleverede ledningskort m.m.

Af H. Suadicani (Erhvervs- og Byggestyrelsen), *VandPosten* nr. 179, juni 2011.

8. Andet

Opdateret pjece om villaolietanke

Pjecen omhandler de vigtigste regler i olietankbekendtgørelsen om villaolietanke, såsom aldersgrænser for olietanke og, hvad man skal gøre i forbindelse med etablering og sløjfning.

Læs mere på www.mst.dk.

Branchevejledning om arbejde med forurennet jord

Vejledningen beskriver de overvejelser og foranstaltninger, der er nødvendige, for at arbejdet med forurennet jord kan foregå sikkerheds- og sundhedsmæssigt fuldt forsvarligt. Vejledningen giver en indføring i de vigtigste jordkemiske begreber og sammenhængen mellem forureningstyper og arbejdsmiljømæssige risici.

Desuden beskriver vejledningen god praksis for alle, der kommer i nærheden af/kontakt med den forurenede jord. Endelig er der i vejledningen anvisninger på, hvordan forskellige opgaver konkret kan løses sikkerhedsmæssigt forsvarligt.

Selv om vejledningen primært henvender sig til firmaer, der arbejder med forurennet jord, så indeholder flere af vejledningens afsnit også referencer til de pligter og det ansvar, som både den projekterende og bygherren har.

Branchearbejdsmiljørådet for Bygge & Anlæg (ISBN 978-87-7952-150-6). Læs mere på www.bar-ba.dk.

ATV-møde - Levering af reaktive stoffer i lavpermeable aflejringer: "It's a contact sport"

Mødet handlede om den udfordring, der ligger i at skabe kontakt mellem forureninger i lavpermeable aflejringer og de kemikalier og/eller bakterier, der tilsættes i forbindelse med in-situ oprensninger. Der blev bl.a. holdt indlæg om erfaringer med afprøvning af forskellige teknikker til levering. *Kompendium fra ATV Jord og Grundvands møde den 16. juni 2011 kan downloades på* <http://www.atv-jord-grundvand.dk>.

kursus

KALENDEREN

Dato	Hvem	Hvad	Hvor	Mere info
16. september 2011 - 2. december 2011	VIA University College	Kemiske processer i jord og grundvand	Chr. M. Østergaardsvej 4, 8700 Horsens	http://www.viauc.dk/efteruddannelse-GEO
12. oktober 2011	ATV	Nye stoffer	Schæffergården, Jægersborg Alle 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
12.-13. oktober 2011	VIA University College	Prøvetagning af poreluft	Chr. M. Østergaardsvej 4, 8700 Horsens	http://www.viauc.dk/efteruddannelse-GEO
27. oktober 2011	ATV	Jordforureningsloven 2011	Schæffergården, Jægersborg Alle 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
23.-24. november 2011	VIA University College	Indeklima og prøvetagning	Chr. M. Østergaardsvej 4, 8700 Horsens	http://www.viauc.dk/efteruddannelse-GEO
29. november 2011	ATV	Grundvand/ overfladevand interaktion	Schæffergården, Jægersborg Alle 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
18. januar 2012	ATV Jord og Grundvand	REMTECH	Schæffergården, Jægersborg Alle 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
25. januar 2012	ATV Jord og Grundvand	Store bygge- og anlægsprojekter	Schæffergården, Jægersborg Alle 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
5. marts 2012	ATV Jord og Grundvand	Temadag	Vingstedcentret, Bredsten, v./Vejle	http://www.atv-jord-grundvand.dk
6.-7. marts 2012	ATV Jord og Grundvand	Vintermøde om jord- og grundvandsforurening	Vingstedcentret, Bredsten, v./Vejle	http://www.atv-jord-grundvand.dk
28.-29. marts 2012	Renare Mark	Vårmetet 2012 - Nytt og konsekvens av efterbehandling ur ett svenskt respektive internationellt perspektiv	Göteborg, Sverige	http://wp.renaremark.se/2011/09/varmotet-2012/
26. april 2012	ATV Jord og Grundvand	LAR - Lokal afledning af regnvand	Schæffergården, Jægersborg Alle 166, Gentofte	http://www.atv-jord-grundvand.dk
23. maj 2012	ATV Jord og Grundvand	Nye undersøgelsesmetoder til jord- og grundvandsforurening		http://www.atv-jord-grundvand.dk
19. juni 2012	ATV Jord og Grundvand	Naturligt forekommende stoffer i jord og grundvand og deres sundhedseffekter		http://www.atv-jord-grundvand.dk



**Videncenter
for Jordforurening**

Videncenter for Jordforurening

Dampfærgevej 22
Postboks 2593
2100 København Ø
jordforurening@regioner.dk
www.jordforurening.info
Fax 3529 8300

Jordforurening.info

udgives af Videncenter for
Jordforurening og udkommer
fire gange årligt på papir og
elektronisk.

Redaktør: Kit Jespersen
Layout: Kristine Wulff
Danske Regioner
Tryk: Danske Regioner